

09-D.1.7

MEDICÃO DA PERTURBAÇÃO ESPACIAL DO CAMPO MAGNÉTICO DO GIROTRON. J.G. Rossi; Y. Aso e P.J. Castro. (Laboratório Associado de Plasma - LAP, Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE).

Neste trabalho, apresenta-se o sistema de medição da perturbação espacial do campo principal do girotron em 35GHz. Este dispositivo está sendo desenvolvido pelo Laboratório Associado de Plasma, do Instituto de Pesquisas Espaciais (1).

O girotron é um tubo de microondas baseado na interação entre um feixe de elétrons e os campos eletromagnéticos numa cavidade ressonante. Quando os elétrons chegam à região da cavidade ocorre a troca de energia entre os elétrons e as ondas de r.f., onde o aumento de energia de r.f. dá-se às custas do decréscimo de energia transversal do feixe. A energia transversal do feixe está armazenada no movimento ciclotrônico dos elétrons.

Uma importante característica do girotron é que ele requer a aplicação de um campo magnético d.c.(B), o qual está especificamente relacionado com a frequência de operação, dada pela condição de ressonância ciclotrônica. Esta relação é dada pela seguinte equação:

$$\omega = n\omega_c \quad (1)$$

onde  $\omega$  é a frequência de operação,  $n$  é um número inteiro e  $\omega_c$  é a frequência ciclotrônica ou velocidade angular do elétron dado por:

$$\omega_c = \frac{eB}{\gamma m_0} \quad (2)$$

onde  $B$  é o campo magnético principal d.c.,  $e$  é a carga do elétron e  $\gamma m_0$  é a massa relativística do elétron. Uma interação efetiva ocorre somente quando a relação 1 é verificada.

Cálculos teóricos de projeto, fornecidos pela relações 1 e 2 com  $n = 1$  e frequência  $f = 35\text{GHz}$ , indicam que o campo magnético principal deve ser da ordem de 13 KG.

Este campo magnético principal deve ser produzido por um grupo de 20 bobinas, onde cada uma possui uma resistência de  $8m\Omega$ . O valor de corrente para produzir este campo magnético é da ordem de 900A. Calculando a resistência total de  $160m\Omega$  do magneto principal, pode-se calcular o valor da tensão de alimentação de 144 V ( $900A \times 160m\Omega$ ). Portanto, deve-se prover refrigeração para uma potência total de 129,6kW ( $144V \times 900A$ ) no magneto. Com a frequência de oscilação do modo depende do campo principal, uma regulação de corrente de 0,1% é recomendável.

Para o correto funcionamento do girotron, uma perturbação espacial máxima de 0,1% na região da cavidade ressonante pode ser admitida.

A medição desta flutuação espacial do campo magnético não pode ser medida pelos magnetômetros convencionais (GAUSSMETERS) com precisão menor do que 0,1%. Portanto, desenvolveu-se um método alternativo que consiste na medição espacial da diferença de fase entre dois sinais,  $e_1$  e  $e_2$ , os quais são sinais de uma bobina de referência e de uma sonda magnética, respectivamente. A Figura 1 ilustra o sistema de medição empregado.

O grupo de 20 bobinas (magneto principal) é alimentado com corrente a.c., frequência de 60 Hz, para provocar a aparecimento das tensões induzidas  $e_1$  e  $e_2$ . Estes dois sinais são completamente cancelados com a sonda magnética colocada no centro do magneto. A corrente a.c. do magneto é fornecida através de um transformador abaixador de tensão de 220V/12,6V e de um autotransformador. A corrente no magneto é limitada a vários amperes de corrente para não haver necessidade de refrigeração. Então, um campo magnético máximo  $B_0$  de várias dezenas de GAUSS pode ser produzido dentro do magneto.

Nesta medição, escolheu-se 5 voltas ( $N_1 = 5$ ) de fio de cobre para a construção da bobina de referência e 2000 voltas ( $N_2 = 2000$ ) com diâmetro  $\phi = 64\mu\text{m}$  para a construção da sonda magnética. Dessa forma, obteve-se uma tensão induzida ( $e_1$  ou  $e_2$ ) de 15mV para  $B_0 = 10$  GAUSS. Como este sinal é de baixo valor, uma amplificação de 10 vezes foi necessária. Além disso, para evitar a interação entre a bobina de referência e a sonda magnética, um circuito amplificador e isolador, mostrado na Figura 2, foi usado.

Este circuito possui alta impedância na entrada ( $Z_{in} \approx 1000m\Omega$ ) e baixa impedância de saída ( $Z_{out} \approx 1\Omega$ ).

Os dois sinais  $e_1$  e  $e_2$  são cancelados pelo circuito amplificador através do seguinte processo descrito a seguir. Desde que os 2 sinais são senóides com a mesma frequência ( $f = 60\text{Hz}$ ), a amplitude e a fase devem ser ajustadas. O primeiro ajuste é feito através do resistor variável  $R$  e o se-

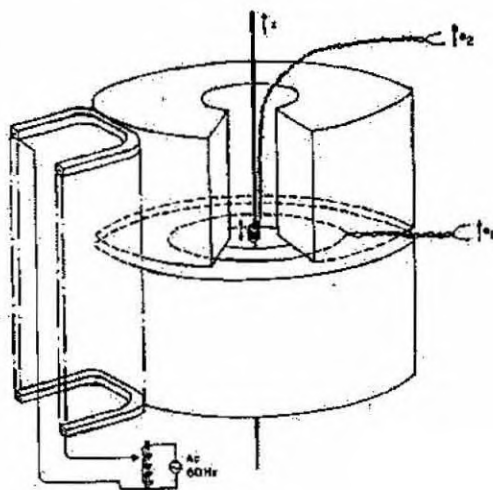


Fig. 1 - Sistema de medição da perturbação espacial do campo magnético.

gundo ajuste através do potenciômetro  $R_g$  no circuito de compensação de fase. Através deste processo de cancelamento obtém-se uma precisão máxima de 0,01% ( $< 0,1\%$ ).

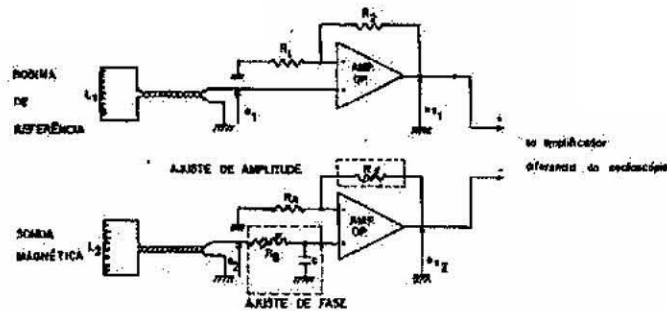


Fig. 2 - Circuito amplificador e isolador.

A medição da perturbação espacial do campo magnético ( $\Delta B/B$ ) inicia com o cancelamento dos sinais  $e_1$  e  $e_2$ , com a sonda colocada no centro do magneto. Variando-se a posição da sonda ao longo do eixo  $z$ , obtém-se um valor de tensão residual ( $\Delta_0 = e_1 - e_2$ ) para uma determinada posição axial que pode ser medida através do amplificador diferencial do osciloscópio. Entretanto, antes de fazer a medida, deve-se ajustar a fase da tensão residual com a fase da bobina de referência. A Figura 3 mostra a variação espacial do campo magnético obtida ao longo do eixo  $z$  do magneto principal.

Através da Figura 3, conclui-se que os resultados obtidos fornecem uma perturbação espacial do campo magnético menor do que 0,1% na região da cavidade.

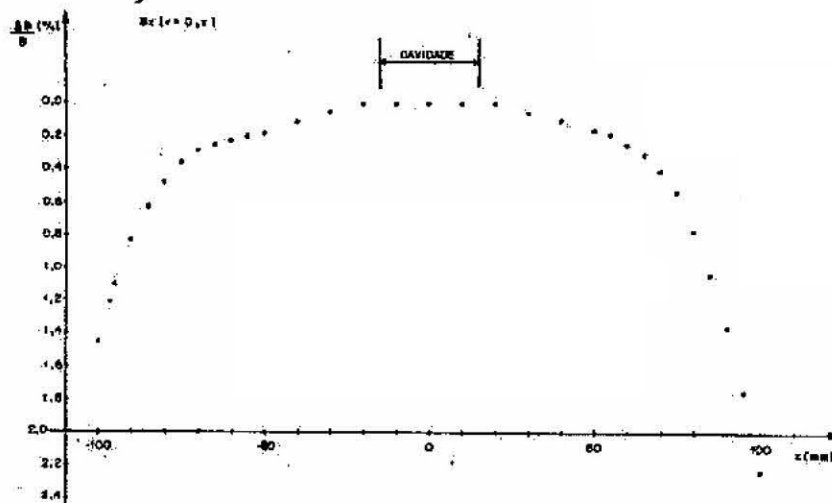


Fig. 3 - Perturbação espacial do campo magnético principal ao longo do eixo  $z$ .

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] - BARROSO, J.J. et. al. Gyrotron Development at the Instituto de Pesquisas Espaciais. Relatório Interno (INPE - 4241-PRE/1115).